



HOW TO ESTIMATE THE EFFECTIVE DOSE DUE TO INGESTION OF ^{14}C

KAKO PROCIJENITI EFEKTIVNU DOZU ZBOG INGESTIJE ^{14}C

Ines Krajcar Bronić¹, Borut Breznik², Benjamin Zorko³

¹Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska

²Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija

¹Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija

krajcar@irb.hr



UVOD

- Sustavno praćenje aktivnosti ^{14}C atmosferskog CO_2 i bioloških uzoraka (voće – uglavnom jabuke, povrće, žitarice, kukuruz) u neposrednoj okolini Nuklearne elektrane Krško (NEK) provodi se od 2006. godine
- Cilj: procjena mogućeg utjecaja NEK-a na razinu aktivnosti ^{14}C u okolišu te na efektivnu dozu koju primi lokalno stanovništvo putem prehrane
- Posebna je pozornost posvećena praćenju utjecaja remonta elektrane, koji se provodi svakih 18 mjeseci, na aktivnost ^{14}C u okolišu.
- **Ovaj rad:**
 - **kako procijeniti efektivnu dozu zbog ingestije ^{14}C**
 - **razvoj modela prehrane**
 - **ima li NEK utjecaja na efektivnu dozu od ^{14}C**

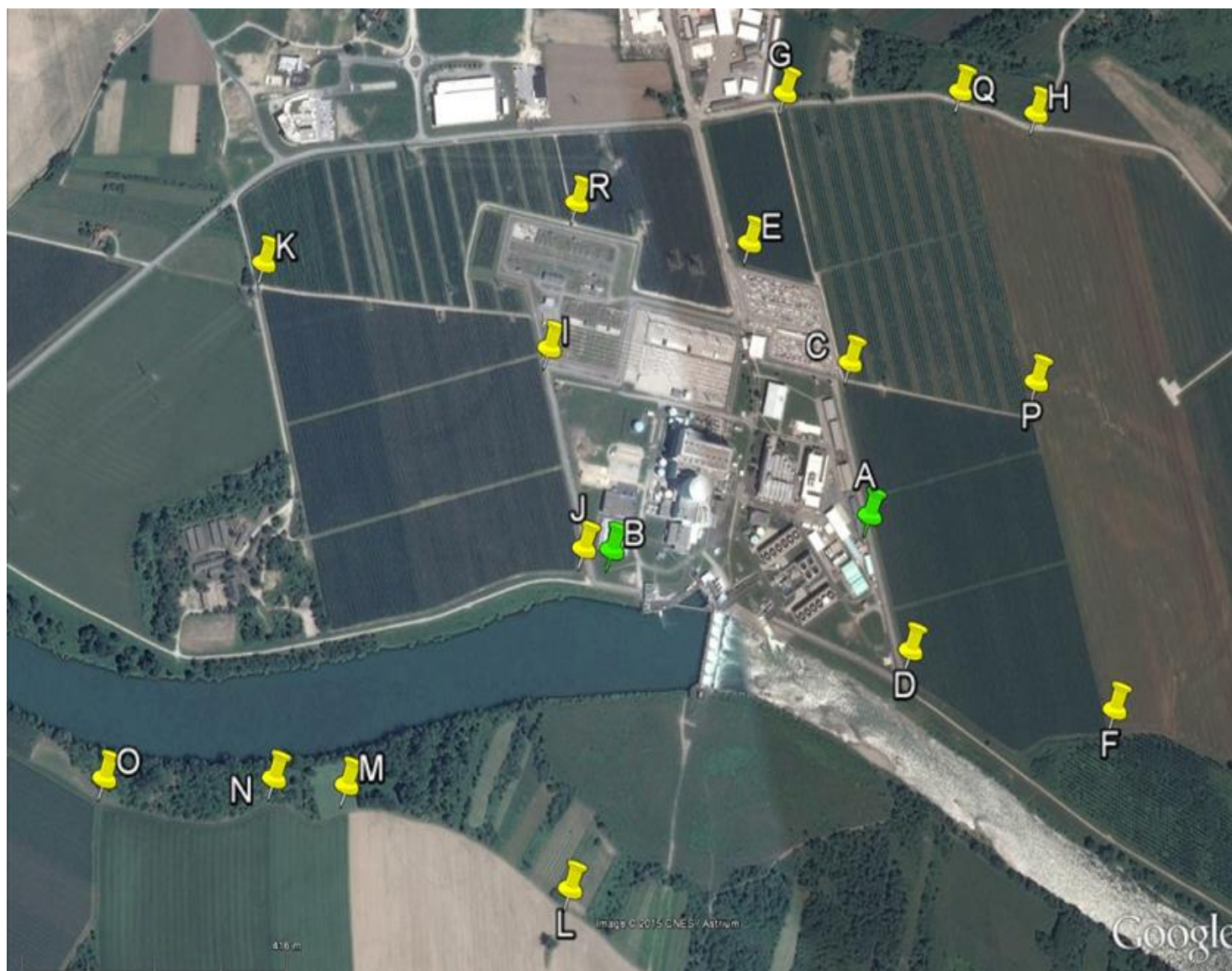
UZORKOVANJE

- Atmosferski CO₂ sakuplja se na lokacijama A i B unutar kruga NEK-a, svaka dva mjeseca, češće u vrijeme remonta
- Biološki materijal koji integrira ¹⁴C iz atmosfere tijekom relativno kratkog vegetacijskog razdoblja skuplja se na 2 x godišnje, na početku vegetacijskog razdoblja (lipanj ili srpanj) te u jesen (prije berbe, rujan ili listopad) na lokacijama C do Q
- uzorci bilja sakupljaju se na kontrolnoj točki kraj Dobove, 11,2 km (zračna udaljenost) jugoistočno od NEK-a, na kojoj se ne očekuje utjecaj zračnih ispusta iz NEK-a.

I. Krajcar Bronić, B. Breznik, A. Volčanšek, J. Barešić, D. Borković, A. Sironić, N. Horvatinčić, B. Obelić, I. Lovrenčić Mikelić. Aktivnosti ¹⁴C u atmosferi i bilju u okolici Nuklearne elektrane Krško (NEK) – Iskustva nakon 10 godina monitoringa. *Zbornik radova 11. simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja*. 5 – 7.4.2017. Osijek. HDZZ, Zagreb. 2017. 231-237.

Lokacije uzorkovanja

A, B – atmosferski CO₂, C – O - bilje



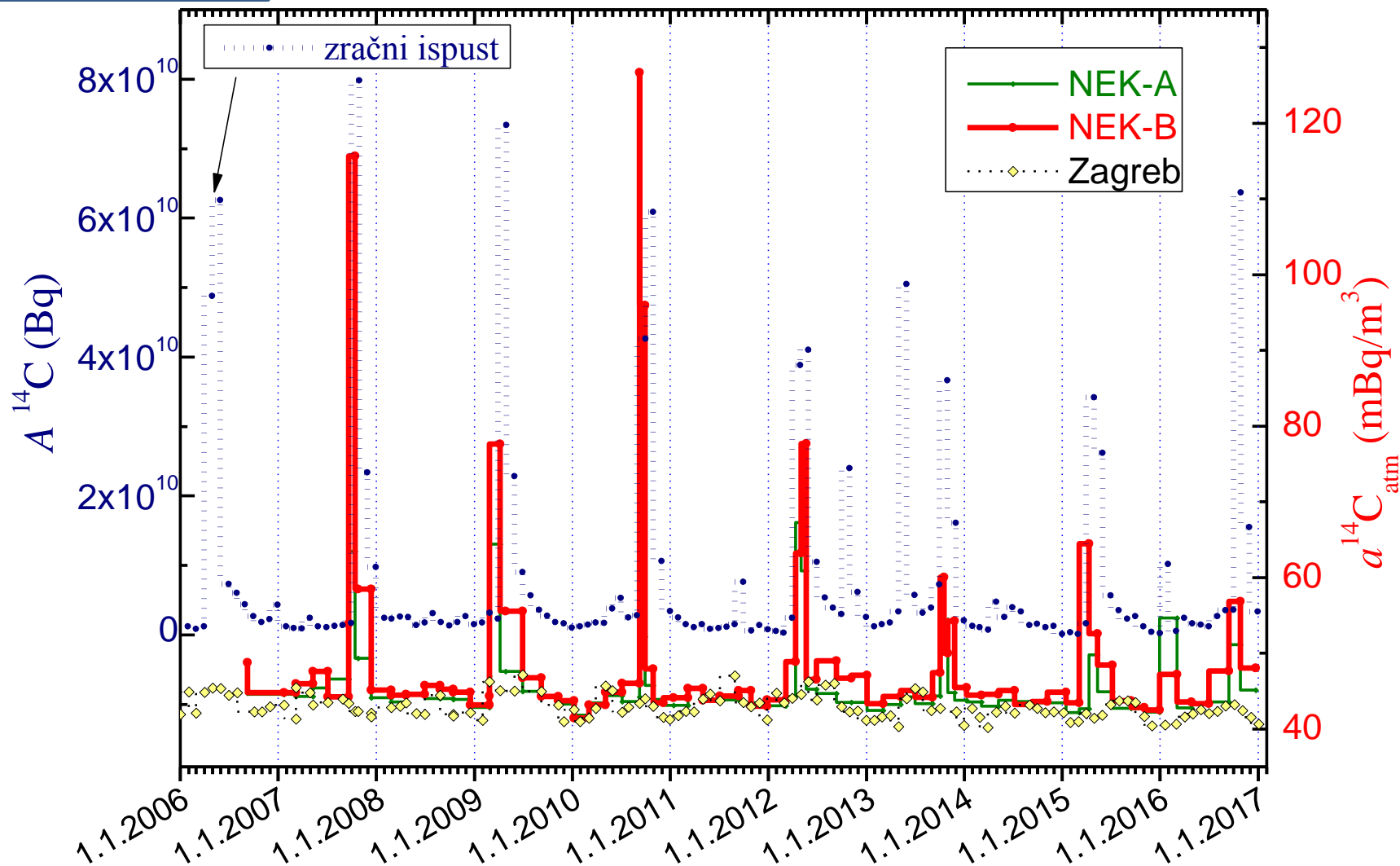
MJERNE METODE

- U laboratoriju se dobiveni Na_2CO_3 prevodi u benzen (metoda LSC-B)
- Biološki uzorci se nakon sušenja i karbonizacije spaljuju u struji kisika. Dobiveni CO_2 se apsorbira u smjesi Carbosorba[®]E i Permafluora[®]E (metoda LSC-A)
- U oba slučaja aktivnost ^{14}C mjeri se tekućinskom scintilacijskom brojaču (LSC) Quantulus 1220

Krajcar Bronić I, Horvatinčić N, Barešić J, Obelić B.
Measurement of ^{14}C activity by liquid scintillation counting.
App. Radiat. Isotopes 2009;67:800-4.

REZULTATI MONITORINGA - 1

atmosferski CO₂



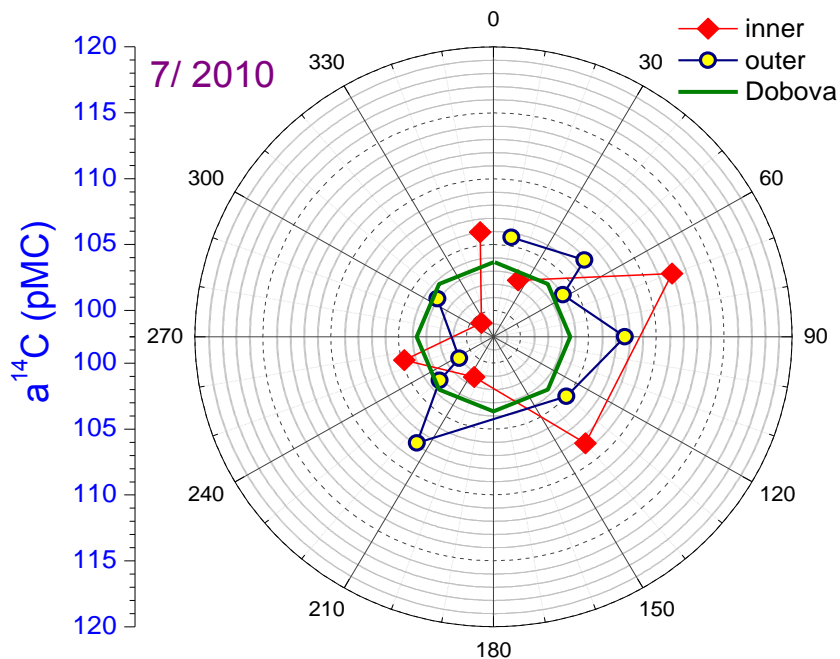
REZULTATI MONITORINGA - 2

bilje

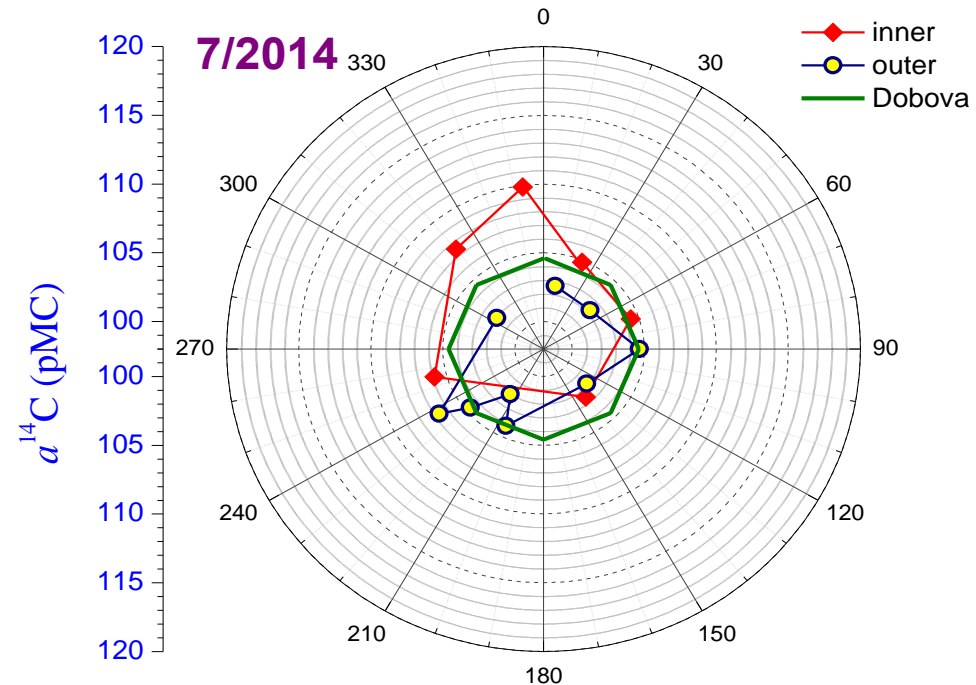
Raspodjela aktivnosti ^{14}C u bilju najbolje se vidi na tzv. polarnim dijagramima.

Prostorna raspodjela $a^{14}\text{C}$ određena je smjerom prevladavajućih vjetrova (SW-NE).

proljetno uzorkovanje u godini kad prije uzorkovanja nije bilo proljetnog remonta



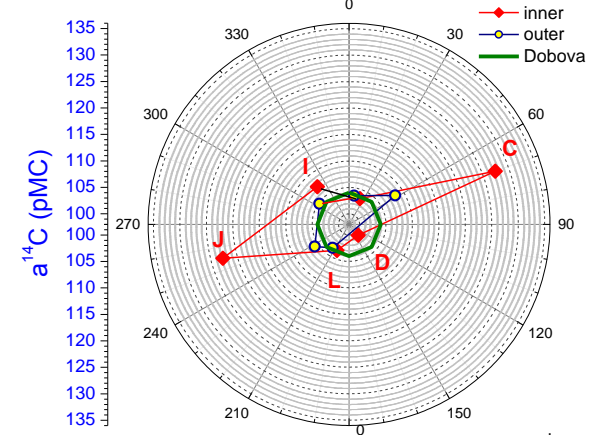
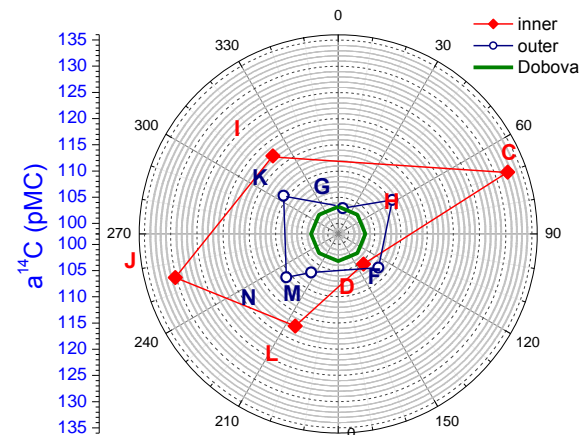
7/2010
Remont 4/2009 i 10/2010



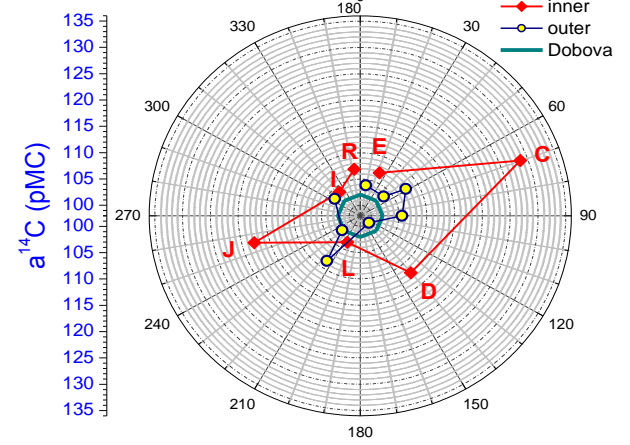
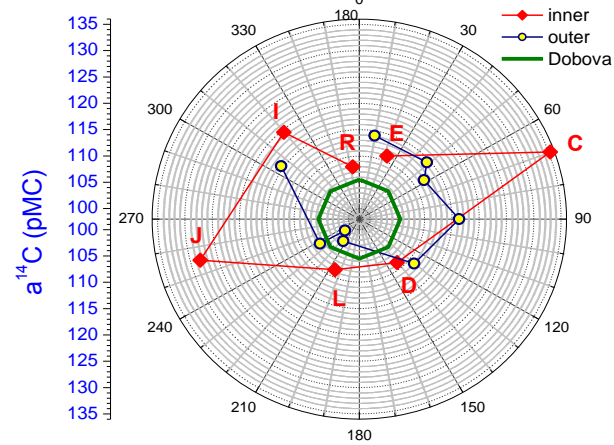
7/2014
Remont 10/2013

Nakon proljetnog remonta

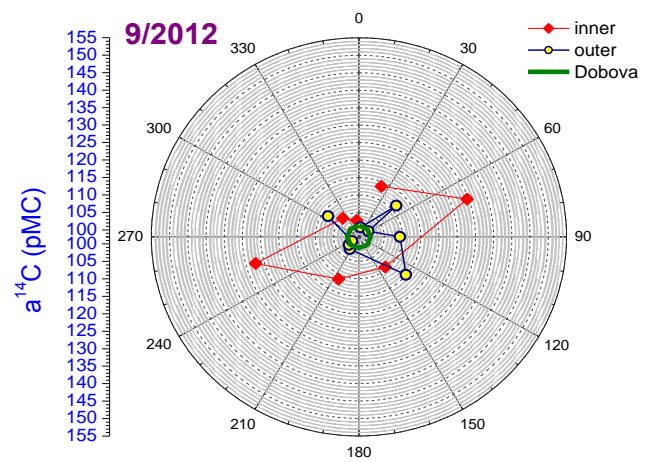
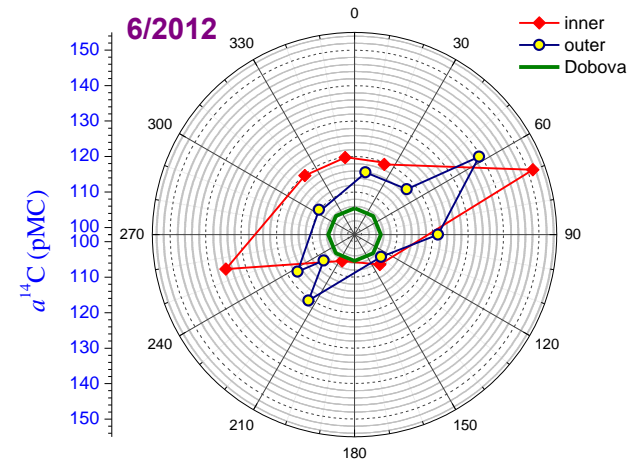
2006



2009



2012



Procjena efektivne doze

- Ugljik (i ^{14}C) je sastavni dio sve hrane
- nije potrebno poznavati detaljne prehrambene navike lokalnog stanovništva (koja vrsta hrane i koliko te vrste)
- potrebno je poznavati ili procijeniti udio hrane iz okolice NEK-a u ukupnoj prehrani
- Potrebno je poznavati efektivnu dozu zbog ingestije "prirodnog" ^{14}C (12 μSv globalni prosjek)
- prikazujemo nekoliko scenarija za porijeklo hrane

Efektivna doza

$$E = e \times A^{14}\text{C} \times m$$

E (Sv) efektivna godišnja doza od ingestije ^{14}C

$A^{14}\text{C}$ (Bq/kgC) specifična aktivnost ^{14}C

m (kg) masa ugljika unesena prehranom u organizam

e ICRP dozni koeficijent 5.8×10^{-10} Sv/Bq

Posebnost ^{14}C - $A^{14}\text{C}$ u svim vrstama hrane (terestrijalnog porijekla) s nekog područja je jednaka i odražava aktivnost ^{14}C u atmosferi u tom području za vrijeme rasta određene vrste hrane

Usporedba srednje specifične aktivnosti $A^{14}\text{C}$ u unutrašnjem i vanjskom krugu oko NEK, te na kontrolnoj lokaciji u Dobovi.

Lokacije	$A^{14}\text{C}$ (Bq/kgC)	
	Godine s proljetnim remontom	Ostale godine
Unutrašnji krug (<300 m)	258 ± 12	241.8 ± 5.9
Vanjski krug (<600 m)	244.3 ± 9.3	238.4 ± 3.4
Kontrolna lokacija Dobova (12 km)	234.1 ± 2.3	

I. Krajcar Bronić, B. Breznik, A. Volčanšek, J. Barešić, D. Borković, A. Sironić, N. Horvatinčić, B. Obelić, I. Lovrenčić Mikelić. Aktivnosti ^{14}C u atmosferi i bilju u okolici Nuklearne elektrane Krško (NEK) – Iskustva nakon 10 godina monitoringa. *Zbornik radova 11. simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja*. 5 – 7.4.2017. Osijek. HDZZ, Zagreb. 2017. 231-237.

Procjena **m**

Potrebno je poznavati ukupnu godišnju potrošnju hrane, ali ne i detalje o sastavu prehrane

Godišnji unos hrane (odrasli stanovnik Slovenije): **250 kg**

Udio ugljika: oko **30 %**

Godišnji unos ugljika: **75 kg**

(procjena UNSCEAR –a za stanovnike Europe: 72 kg).

Kako procijeniti udio hrane iz pojedinih područja?

Pokazali smo da prostorna raspodjela $A^{14}C$ nije jednolika, a nije ni vremenski stalna.

Razlikuju se godine s proljetnim remontom i ostale godine.

An assessment model of the ingestion dose should be "fit for purpose, i.e., it should not exclude, or poorly represent, any process that is known or suspected of having an important influence on radionuclide behaviour, and equally, it should not attempt to include detail that is not relevant to either the spatial or temporal scale of the assessment" .

Kako odrediti scenario (model prehrane) koji zadovoljava ove kriterije i bazira se na našim podacima za $A^{14}C$?

Scenario A

- sva hrana tijekom cijele godine samo s kontrolne lokacije
- prirodna efektivna doza od ingestije ^{14}C - **10.18 μSv** .
(UNSCEAR **12 μSv** globalna vrijednost)

Sezonske varijacije $A^{14}\text{C}$ unutar godine i varijacije između pojedinih godina – prirodne varijacije efektivne doze od **1 %**.

Ostali scenariji B – E: različiti udjeli hrane porijeklom iz unutrašnjeg kruga, vanjskog kruga i iz Dobove

Godišnje efektivne doze (E) i relativna odstupanja ($d = (E_x - E_A)/E_A$) od prirodnog backgrounda ^{14}C (scenario A).

Scenario	godina	E (μSv)	d (%)	komentar
A – prirodni ^{14}C background		10.18 ± 0.10	0	Prirodne varijacije 1 %
B – samo unutrašnji	proljetni remont	11.2 ± 0.5	10.3	Nije vjerojatan, nerealističan
	ostale godine	10.5 ± 0.3	3.3	
C – unutrašnji i vanjski	proljetni remont	10.9 ± 0.3	7.3	Nije vjerojatan, nerealističan
	ostale godine	10.5 ± 0.2	2.6	
D – 50 % iz unutr. i vanj., 50 % Dobova	proljetni remont	10.6 ± 0.2	3.7	Realističniji, ali ne jako vjerojatan
	ostale godine	10.32 ± 0.11	1.3	
E – 2 mjeseca unutr. i vanj., 10 mj. Dobova	proljetni remont	10.31 ± 0.12	1.2	realističan, još konzervativan
	ostale godine	10.23 ± 0.11	0.4	
F – 25 kg jabuke oko NEK, ostalo iz Dobove	proljetni remont	10.22 ± 0.11	1.2	Procjena potrošnje jabuka
	ostale godine	10.20 ± 0.11	0.4	

ZAKLJUČAK

- Utjecaj ^{14}C ispuštenog u okoliš iz NEK zračnim putem mjerljiv i u atmosferskom CO_2 i u biljkama koje koriste CO_2 za fotosintezu.
- Utjecaj je kratkoročan i prostorno ograničen na najbližu okolinu.
- Utjecaj ispuštene aktivnosti $A^{14}\text{C}$ nije značajan sa stanovišta povećanja doze na stanovništvo.
- Procjena efektivne doze ne ovisi o detaljima prehrane (vrsta hrane, pa ni količina hrane), ali ovisi o području s kojeg dolazi hrana – različiti scenariji